

Dieci anni dopo Chernobyl

Che cosa realmente sappiamo?

traduzione a cura di Ennio Lazzarini

Qui si riporta la traduzione dell'opuscolo dell'IAEA del 1996 il cui titolo è dato in epigrafe. Pochi eventi nel mondo sono noti meglio di quello di Chernobyl e pochi hanno suscitato maggiori diatribe tra gli scienziati, gli uffici governativi e l'opinione pubblica. L'incidente e le sue spiacevoli conseguenze sono state minuziosamente studiate nel decennio dopo l'esplosione [1986-96] che distrusse l'impianto nucleare ucraino. Oggi [1996] c'è un generale consenso tra gli esperti su quanto e perché accadde e sulle [sue] principali implicazioni, ma per la gran parte del pubblico mondiale, l'incidente rimane [tuttora] un enigma, un fenomeno temuto, ma poco conosciuto.

Chernobyl fu senz'altro la più devastante sciagura nella storia dell'energia nucleare. La ricaduta radioattiva si concentrò principalmente nei tre Stati dell'ex Urss [Unione delle Repubbliche Socialiste Sovietiche] più prossime all'impianto, ma essa investì anche a più basse concentrazioni la maggior parte dell'emisfero settentrionale.

Che cosa si sa sull'impatto sanitario ed ambientale di questa massiccia dispersione di materiale radioattivo? Questo opuscolo tenta di mettere in luce brevemente che cosa si è imparato dopo dieci anni di studio sulle conseguenze dell'avvenimento, esaminandone gli effetti sia immediati, sia a lungo termine sulla salute umana e sull'ambiente. Esso si fonda principalmente sui risultati della Conferenza internazionale: "Un decennio dopo Chernobyl. Sommario delle conseguenze degli avvenimenti", a cui parteciparono 800 esperti di 71 Stati sotto gli auspici della EC, WHO e IAEA. Le popolazioni dei tre paesi, Bielorussia, Federazione Russa ed Ucraina, coinvolti [in primis] negli avvenimenti, continuano tuttora a convivere con queste conseguenze. L'opuscolo ha lo scopo di aiutare quelle popolazioni ed il più vasto pubblico [mondiale] a discernere i fatti dalle paure e l'evidenza scientifica dalla fantascienza.

I fatti

Gli avvenimenti furono senz'altro i più devastanti nella storia dell'energia nucleare [per usi pacifici]:

- Il reattore N°4 di Chernobyl andò completamente distrutto nell'esplosione, (v. Figura 4, pag. 19 della rivista) che fece crollare il tetto dell'edificio del reattore disperdendo nell'ambiente grandi quantità di uranio ed altro materiale radioattivo. I resti del reattore sono per ora [1996] racchiusi in una grande struttura denominata *scudo o sarcofago*, costruito nei mesi seguenti i fatti. Uno dei quattro reattori originariamente presenti nel luogo è ancora in funzione [nel 1996, ma esso è stato fermato definitivamente un paio di anni dopo].
- Grandi quantità di materiale radioattivo, 12×10^{18} unità internazionali di radioattività, cioè di *becquerel*, Bq [1 Bq = 1 decadimento s^{-1}], furono rilasciate nell'ambiente, particolarmente durante i primi dieci giorni. Il rilascio comprendeva più di un centinaio di radionuclidi, prevalentemente a breve tempo di dimezzamento, appartenenti a numerosi elementi, fra i quali iodio e cesio che ebbero la maggior rilevanza dal punto di vista sanitario ed ambientale. Il materiale radioattivo rilasciato dall'impianto fu rilevato a livelli molto bassi praticamente su tutto l'emisfero settentrionale.
- L'esplosione di Chernobyl, paragonata ad altri incidenti nucleari, immise nell'atmosfera terrestre 400 volte più materiale radioattivo della bomba atomica di Hiroshima; [ma] si stima che gli esperimenti sulle armi atomiche degli anni 1950-1960 abbiano gettato complessivamente nell'atmosfera da

100 a 1.000 volte più materiale radioattivo dell'incidente di Chernobyl.

- Per fronteggiare l'incidente furono coinvolti nel 1986-87 sia operativamente, sia amministrativamente circa 200.000 lavoratori detti *liquidatori* (liquidators), reclutati tra la polizia, i vigili del fuoco locali, l'esercito ed i volontari. Successivamente i liquidatori crebbero fino a 0,6-0,8 milioni, tuttavia numerosi fra essi assorbirono solamente basse dosi di radiazione.
- Intorno al sito fu delimitata una zona "interdetta" (*exclusion zone*) inizialmente di circa 30 km di raggio, abitata da 116.000 persone che furono evacuate nei mesi successivi in zone meno contaminate. La zona interdetta fu successivamente ampliata ed ora [1996] copre 4.300 km², in cui sono comprese le aree a più alto livello di radioattività.
- A 5,3 milioni di persone, di cui 1,6 erano bambini, furono somministrate compresse di ioduro e iodato di potassio, tuttavia l'efficienza della distribuzione non è stata controllata. I primi a ricevere questo trattamento [medico] furono gli abitanti della zona interdetta [iniziale] di 30 km di raggio.
- La città di Pripjat (45.000 abitanti nel 1986), ove risiedeva gran parte del personale dell'impianto, fu completamente evacuata e una nuova città, Slavutich, fu costruita fuori dalla zona di interdizione.
- Negli anni successivi all'incidente per ordine del governo furono evacuate dalle loro case oltre 200.000 persone

delle repubbliche di Ucraina, Bielorussia e Russia ed insediate in aree meno contaminate.

I lavoratori coinvolti nell'emergenza furono esposti ad alte dosi di radiazione; le popolazioni del circondario a dosi di gran lunga minori:

- 237 lavoratori [dell'impianto] professionalmente esposti furono ospedalizzati, 134 di essi con la diagnosi di *sindrome acuta da radiazione*. Ventotto fra questi morirono entro i primi tre mesi, mentre altri 14 decedettero nei successivi dieci mesi, tuttavia questi [ultimi] decessi non sono necessariamente connessi con l'esposizione alla radiazione. Due altri lavoratori morirono [al momento] dell'esplosione, presumibilmente per attacco cardiaco.
- Alcuni dei 200.000 lavoratori coinvolti nella decontaminazione dell'impianto ricevettero dosi di radiazione su tutto il corpo di ca 100 mSv [vedi appendice], 1 mSv è una dose di radiazione pari a circa dieci volte quella che si riceve in una radiografia toracica ed è circa cinque volte la dose massima annuale [ora] consentita ai lavoratori degli impianti nucleari (20 mSv anno⁻¹). La dose naturale media sulla terra è circa 2,4 mSv anno⁻¹.
- Circa 20.000 liquidatori ricevettero dosi di circa 250 mSv; per qualche per cento di essi le dosi furono di 500 mSv e qualche dozzina fu esposta a dosi, potenzialmente letali, di qualche migliaio di mSv.
- Meno del 10% delle 116.000 persone evacuate dalla zona interdetta ricevette dosi maggiori di 50 mSv e meno del 5% di esse dosi maggiori di 100 mSv.
- Più di 400.000 persone vivevano nelle zone contaminate con più di 555 kBq m⁻², classificate dalle autorità come aree di stretta vigilanza richiedenti misure di decontaminazione e restrizioni sull'uso delle derrate alimentari ivi prodotte.
- In Bielorussia, dove si stima sia ricaduto il 70% delle radioattività rilasciata, circa il 20% degli abitanti (2,2 milioni) seguita a vivere in zone in cui la contaminazione iniziale era superiore a 37 Bq m⁻², che è il livello di radioattività per cui non si richiede né decontaminazione, né altre misure di controllo.
- Per popolazioni fuori dall'ex Urss [ora CRI = Comunità delle Repubbliche indipendenti], le dosi (nazionali) medie di radiazione nel primo anno

dopo l'incidente fu di 0,8 mSv, che è una dose addizionale pari a circa 1/3 di quella naturale di quell'anno.

È ora evidente un aumento del numero di cancro alla tiroide:

- Il radioiodio rilasciato nell'incidente [ed ingerito] causò nelle zone altamente contaminate cancro alla tiroide, specie nei bambini. I radionuclidi dello iodio a corto $T_{1/2}$ ($T_{1/2}$ = tempo di dimezzamento), particolarmente ¹³¹I ($T_{1/2}$ = 8d), vennero assunti con gli alimenti, principalmente latte contaminato, ma anche inalato con l'aria della nube radioattiva iniziale. Il radioiodio si accumulò nella tiroide irraggiandola dall'interno.

ritornò ai bassi livelli attesi per popolazioni non esposte (vedi Figura). Questo fatto conferma che il rischio di cancro alla tiroide crebbe solamente tra coloro che assorbirono alte dosi di radiazioni nel 1986 e non fra coloro che sono e furono esposti solo ai bassi livelli di radiazione permanenti da allora in poi [nei territori interessati].

Esclusi i cancro tiroidei, non sono stati osservati altri effetti [patologici] a lungo termine dovuti alla radiazione [assorbita]:

- Sono state presentate [alla Conferenza] relazioni sull'aumento di [altri] particolari tipi di cancro tra coloro che vi-

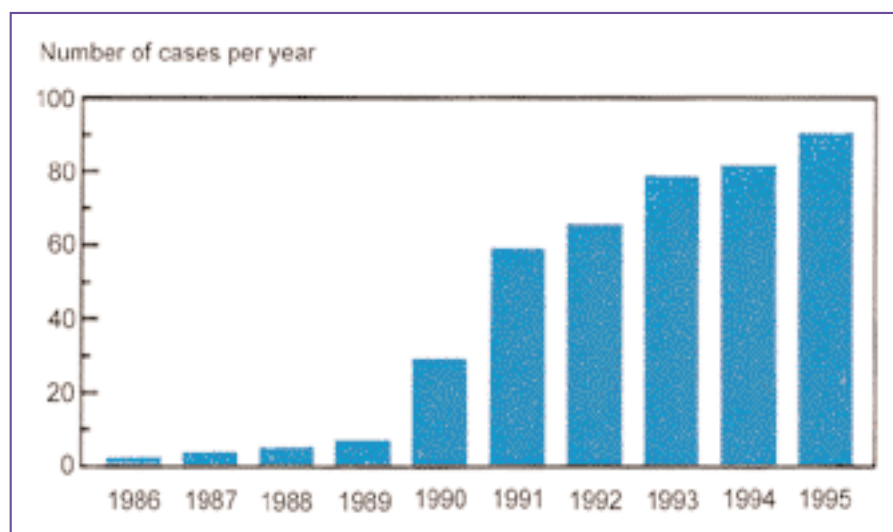


Figura - Andamento negli anni post-incidente dei casi di cancro alla tiroide dei bambini della Bielorussia [già nati nel 1986, per quelli nati dopo due mesi dall'incidente si ritornò alla frequenza pre-incidente]

- Un netto aumento dei cancro alla tiroide dei bambini delle aree interessate fu il solo effetto rilevante della radiazione, documentato sul momento, a causa dell'esplosione. Alla fine del 1995 erano stati diagnosticati circa 800 casi di cancro alla tiroide di bambini sotto i 15 anni, principalmente nella Bielorussia e Ucraina settentrionali. Tre bambini dei casi diagnosticati morirono subito di cancro, che [però] può essere generalmente trattato con successo sia chirurgicamente, sia farmacologicamente (Figura).
- Basandosi sulle attuali proiezioni epidemiologiche [vedi appendice] si dovrebbe verificare una crescita del numero di cancro alla tiroide negli adulti, che hanno ricevuto dosi pari a quelle dei bambini, fino ad un totale di casi dell'ordine di qualche migliaio.
- L'incidenza del cancro alla tiroide fra i bambini nati dopo sei mesi dall'evento

vono in zone contaminate e tra i liquidatori. I dati di queste relazioni non sono [tuttavia] conclusivi e richiedono ulteriori conferme.

- Non è stato rilevato a seguito dell'incidente nessun aumento sia nelle frequenze delle leucemie, sia di qualsiasi altro tipo di cancro, salvo quello della tiroide. Sono passati [però] solo dieci anni, mentre cancro diversi dalla leucemia non appaiono prima di diversi anni [due decenni, [5]] dall'esposizione. Occorre tener sotto controllo i protocolli dei casi di cancro e compiere accurati studi per determinare l'impatto in corso sulla sanità pubblica e confermare la predizioni avanzate.
- Tra le persone coinvolte nell'incidente si notano significativi disturbi e sintomi di malessere psicologico, includenti ansietà, depressione, atteggiamenti fatalistici e disturbi psico-

somatici causati dalla sofferenza (*stress*) mentale. Tuttavia è molto difficile discriminare tra le conseguenze dell'incidente e quelle concomitanti dovute al declino economico ed alla dissoluzione dell'Urss. È stato accertato [però] che questi disturbi non sono [direttamente] dovuti ad esposizione alla radiazione.

Gli impatti ambientali seri furono di breve durata:

- Dosi letali di radiazione furono assorbite nelle prime settimane da diversi animali e piante, specialmente conifere e piccoli mammiferi, stanziati entro 10 km dal sito del reattore. Tuttavia in seguito al veloce decadimento radioattivo, il tasso di radiazione intorno all'impianto diminuì di un fattore 100 prima dell'autunno 1986. Inoltre anche in queste località l'ambiente naturale incominciò a ripristinarsi [spontaneamente e] visibilmente dal 1989 e non si notò alcun impatto durevole né sulla popolazione, né sull'eco-sistema.
- Danni diretti da radiazione su piante e animali furono osservati in zone situate entro i 30 km della [prima] zona interdetta. Dosi di radiazione cronica potrebbero aver ridotto in alcuni casi la fertilità di certe specie animali [viventi] entro la zona interdetta, ma nella maggior parte dei casi non fu possibile verificare effetti [nocivi] su piante e animali.
- Alcune relazioni [presentate alla Conferenza] menzionano danni genetici da radiazione tra gli animali domestici; ma altre affermano che vi è stato un generale recupero dei danni. Resta tuttavia da controllare la possibilità di effetti genetici a lungo termine.

Bassi livelli di contaminazione persistevano per decenni:

- I radionuclidi a breve $T_{1/2}$ dello iodio costituirono la maggior preoccupazione nelle prime settimane dopo l'incidente, ma circa 30.000 km² della Bielorussia, Russia e Ucraina furono contaminati anche da dosi relativamente alte (>185 kBq m⁻²) di ¹³⁷Cs, un radionuclide con $T_{1/2}$ =30 anni.
- Il cesio radioattivo si depositò sul terreno sia agricolo, sia forestale, perciò all'inizio numerosi raccolti e prodotti dei boschi furono pesantemente contaminati. Essendo il radiocesio assorbito dal suolo e dalle radici della piante, livelli bassi di attività furono ri-

scontrati anche nei successivi raccolti.

- L'acqua potabile attinta da alcuni fiumi e bacini prossimi all'impianto era contaminata nel mese seguente l'incidente da cesio e stronzio radioattivi, ma il livello di attività si abbassò rapidamente. Un monitoraggio metodico, iniziato nel 1986, evidenziò una costante diminuzione del contenuto dei radionuclidi in queste acque. I depositi sul fondo e sulle rive del Pripyat e Dniiper [adiacenti] contenevano cesio, stronzio, plutonio ed altri radionuclidi. Durante le piene primaverili [del 1987] la concentrazione dei radionuclidi in questi fiumi, il cui bacino era nelle aree più contaminate, si quadruplicò. I livelli della contaminazione attuale [1996] sono molto inferiori ai limiti [di radioattività] che denunciano una degradazione della qualità dell'acqua.
- La foresta, che si estende sul 30-40% dell'area maggiormente contaminata, ha funzionato da filtro per la ricaduta radioattiva (*fallout*). Fino al 90% del *fallout* si concentrò nelle foglie morte. Il cesio continua ad essere concentrato nel legno, ma la concentrazione in quello proveniente dalla maggior parte dei territori coinvolti nell'incidente non eccede i limiti di attività ammessi. [Tuttavia] il legname proveniente dalla zona interdetta può richiedere, probabilmente per diversi decenni a venire, trattamenti speciali per abbassarne l'attività ai livelli consentiti.
- Gli animali ed i prodotti selvatici consumati dalla popolazione locale, come fragole e funghi, continuano ad avere elevati quantitativi di cesio, che possono superare i limiti superiori stabiliti dalle Repubbliche coinvolte. Questo è in parte anche il caso degli Stati nordici e del Regno Unito.

La sicurezza dei reattori tipo Chernobyl [RBMK] è stata migliorata:

- Dieci anni di accurati accertamenti da parte di esperti bielorussi, russi, ucraini ed internazionali hanno messo in luce le principali cause [tecniche] dell'incidente, da ascrivere a diversi gravi difetti di progettazione del reattore combinatesi con la violazione delle procedure del manuale di conduzione del reattore [vedi appendice].
- La mancanza di una cultura della sicurezza nelle organizzazioni responsabili della vecchia Unione Sovietica sfociò nell'incapacità di rimediare ai difetti di progettazione, anche se questi erano ben noti prima dell'incidente.

- Le deficienze più serie degli altri RBMK in funzione [nel 1996] [RBMK è l'acronimo russo che distingue questi reattori, la cui denominazione in inglese è: *Channalized Large Power Reactor*] sono [state] corrette [dopo l'incidente]. Tra il 1987 ed il 1991 fu attuato un primo programma di migliorie per tutti i reattori RBMK onde eliminare quelle deficienze di progetto che contribuirono all'incidente di Chernobyl, migliorare le operazioni di spegnimento [del reattore] ed elevare la consapevolezza dei problemi della sicurezza tra il personale [di servizio]. Sono stati inoltre approntati piani per ulteriori miglioramenti della sicurezza.
- Il sarcofago, in cui fu racchiuso il reattore esploso ha soddisfatto durante i dieci anni trascorsi [cioè dal 1986 al 1996] gli obiettivi di sicurezza prefissi. Tuttavia, vi sono perplessità sulla sua stabilità e la qualità del confinamento [della radioattività] su periodi più lunghi. Il collasso della struttura potrebbe causare un rilascio di polveri radioattive con conseguente esposizione dei lavoratori dell'impianto, ma [nell'evenienza] non sono previsti effetti rilevanti. [Dal 2000 tutti i reattori del sito non sono più in servizio].

Resta sempre fondamentale l'assistenza delle aree interessate e delle popolazioni:

- L'incidente di Chernobyl e le sue conseguenze hanno avuto un grande impatto sullo sviluppo economico e sociale e sul benessere della popolazione delle aree della Bielorussia, Russia ed Ucraina coinvolte. La contaminazione radioattiva di vaste zone ha impedito la normale produzione agricola ed industriale.
- La gestione della situazione post-incidente è stata complicata dai contemporanei cambiamenti politici, economici e sociali [della ex Urss]. Tutto ciò si combinò negli anni dopo l'incidente con una incompleta ed inaccurata informazione del pubblico sull'incidente e sulle contro-misure che erano state adottate.
- Lo stress psicologico dei residenti delle aree contaminate continua [1996] ad essere caratterizzato da grande ansietà, irritabilità, una sensazione generale di disperazione, da paura del futuro e incapacità di adattamento. Questi effetti psico-sociali hanno una profonda influenza sulla situazione economica e sulla risorse per la

prevenzione sanitaria. Per accrescere il recupero economico e sociale della regione, occorre potenziare quindi i corsi di addestramento ed istruzione sugli effetti delle radiazioni.

- Le zone interessate devono fronteggiare tutta una serie di sfide per il risveglio economico e sociali, comuni [peraltro] a quelle delle altre parti dell'ex Urss:
 - aziende agricole ed agroindustrie che operino con successo per fornire alle popolazioni derrate sicure;
 - garanzie di sicurezza ecologica;
 - miglioramento delle strutture sociali ed economiche, includente una radicale crescita della sanità pubblica e dei servizi sociali di sostegno.
- Nell'ultimo decennio [1986-96] la maggior parte del lavoro è stato rivolto alla salvaguardia della popolazione ed alla ricostruzione delle aree coinvolte. Questi sforzi, compiuti con l'aiuto della comunità internazionale, sono stati indirizzati al raggiungimento di obiettivi economici, ecologici e di salute pubblica:
 - nella protezione dalle radiazioni: prosegue l'opera per ridurre le dosi attualmente ricevute dalle persone nelle aree contaminate;
 - nell'agricoltura e nel rifornimento di derrate: sono in corso i tentativi di modifica dei metodi di raccolta onde abbassare la radioattività dei prodotti a valori accettabili. Gli sforzi per ridurre la contaminazione del latte e della carne hanno avuto esito positivo aggiungendo all'alimentazione dei ruminanti blù di Prussia come composto "pulitore" [spazzatore?]. Sono anche in corso esperimenti per introdurre culture alternative a quelle alimentari, come la colza che può essere usata industrialmente;
 - nella sanità pubblica: si è predisposto nelle zone interessate un servizio sanitario onde facilitare le diagnosi precoci. e la cura del cancro alla tiroide, della leucemia e di altre forme tumorali delle popolazioni interessate. Si sono compilati inoltre schedari medici e dosimetrici da usare come base per ricerche epidemiologiche allo scopo di fornire informazioni ai pianificatori della sanità pubblica nei territori contaminati. Si sono istituiti centri sociali e di educazione psicologica in numerosi luoghi dei tre Stati per migliorare le condizioni delle popolazioni interessate;

- nel campo dell'energia: sono state fatte considerevoli elargizioni a fondo perduto e concessi prestiti [dalla comunità internazionale] per promuovere la sicurezza nucleare, studiare lo smantellamento (decommissioning) [dei reattori di Chernobyl] e ripristinare il settore energetico [della zona].

Principali esempi di attività assistenziali facenti capo alle Nazioni Unite

L'Internazional Atomic Energy Agency (IAEA) ha fornito la base per una grande varietà di attività tecniche relative alla sicurezza nel campo delle radiazioni, monitoraggi e protezioni ambientali, gestione e sicurezza degli impianti di energia, ripristino agricolo e gestione dei rifiuti radioattivi.

La World Health Organization (WHO) ha finanziato il Programma sugli effetti sanitari dell'incidente di Chernobyl, in collaborazione con altre organizzazioni internazionali e nazionali, onde fornire aiuti umanitari e migliorare l'assistenza medica negli Stati coinvolti. È in corso di realizzazione un programma [1996] sulle malattie della tiroide, sull'assistenza ai lavoratori, la ricostruzione delle dosi [di radiazione assorbita] e gli effetti psico-sociali.

La Food and Agriculture Organization (FAO), in una con l'IAEA, ha dato contributi tecnologici e di conoscenza sulle contro-misure in campo agricolo per ridurre la contaminazione radioattiva ed ha cooperato per approfondire le conoscenze sui processi di diffusione dei radionuclidi nei terreni, nelle foreste e nei bacini idrici finalizzate al ripristino delle aree contaminate.

L'United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) ha istituito nove centri di riabilitazione socio-psicologica (localmente conosciuti come *Centri di verità*) con l'aiuto dell'*United Nation Children's Fund* (UNICEF) e di numerosi altri sovvenzionatori.

L'United Nations Department Programme (UNDP) ha coordinato l'attività di assistenza nei tre Stati coinvolti dall'evento di Chernobyl e di miglioramento delle capacità di monitoraggio ambientale.

L'United Nation Department of Humanitarian Affairs (UNDHA) ha svolto un ruolo di coordinamento nell'United Nations Agency Task Force in Chernobyl, che ha assicurato che tutti i maggiori enti soccorritori, compresa la Commissione, fossero informati dell'assistenza fornita.

Assistenza di altre organizzazioni internazionali

L'European Commission's (EC) Radiation Protection Research Action programme ha ampliato i suoi programmi di ricerca con due progetti sulla tiroide mediante un accordo di collaborazione scientifica EC-CIS (Comunità degli Stati indipendenti [ex Urss]), inoltre l'ufficio umanitario della EC (ECHO) ha fornito strumentazione specialistica e medica per la diagnosi, il trattamento e la continua assistenza di bambini della Bielorussia ed Ucraina sofferenti di cancro alla tiroide. L'assistenza tecnica della EC è stata rivolta all'istruzione di gruppi di medici della CIS, alla fornitura di apparecchiature per la produzione di compresse di L-tirosina ed il miglioramento della produzione e distribuzione di compresse di sali di iodio nelle regioni coinvolte nell'incidente di Chernobyl. Altri progetti di ricerca includono questioni ambientali e l'addestramento alle emergenze.

Il G7 [ora G8] ha proposto [1996] una soluzione per la chiusura definitiva del complesso di Chernobyl, miglioramenti a corto termine per i reattori ancora in operazione [nel sito, ma ora tutti non più operativi], piani per un nuovo sarcofago, impianti per il trattamento dei rifiuti [radioattivi] ed il completamento di due nuovi reattori in altri siti per sostituire le unità 1 e 3 di Chernobyl.

La European Bank for Reconstruction and Development (EBRD) ha istituito uno speciale fondo per la sicurezza nucleare (Nuclear Safety Account) rivolto a garantire l'accrescimento della sicurezza ed il miglioramento dei reattori nucleari sovietici con priorità per i "progetti ad alto rischio" come gli RBMK.

La Banca Mondiale ha provveduto a concedere prestiti per lo sviluppo dell'energia, includente le fonti convenzionali, la politica delle riforme, l'escavazione del carbone e lo sviluppo del mercato energetico.